

Aus dem Anatomischen Institut
der Johannes-Gutenberg-Universität in Mainz (Rhein)
(Direktor: Prof. Dr. med. M. Watzka)

Über die sensiblen Endorgane der Haut und deren vermeintliche physiologische Spezifität

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Johannes-Gutenberg-Universität in Mainz

vorgelegt
von
Eveline Kästner
aus
Oberlungwitz/Sachsen

1967



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554814_0073

Aus dem Anatomischen Institut
der Johannes-Gutenberg-Universität in Mainz (Rhein)
(Direktor: Prof. Dr. med. M. Watzka)

Über die sensiblen Endorgane der Haut und deren vermeintliche physiologische Spezifität

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Johannes-Gutenberg-Universität in Mainz



vorgelegt
von
Eveline Kästner
aus
Oberlungwitz/Sachsen

1967

Aus dem Anatomischen Institut
der Johannes-Gutenberg-Universität in Mainz (Mainz)
(Direktor: Prof. Dr. med. M. Watzka)

Über die sensiblen Endorgane der Haut und deren vermittelte physiologische Spezifität

Dekan: Prof. Dr. Die t h e l m

Referent: Prof. Dr. W a t z k a



vorgelegt
von
Eveline Kästner
aus
Obdauersbach

1967

Wenn man vergleichsweise mehrere Lehrbücher, sowohl neuere Ausgaben als auch ältere Jahrgänge, zur Hand nimmt, um sich über das Nervensystem der Haut zu informieren, so wird man feststellen können, welche unterschiedliche Einteilung hinsichtlich der Nervenendigungen der Haut vorgenommen worden sind. In der Tat hat sich ein großer Wandel vollzogen in der Darstellung und auch in der Bewertung der feineren nervösen Gebilde, der einmal auf eine wesentlich verbesserte neurohistologische Technik und zum anderen auf ein exakteres experimentelles Arbeiten über die Hautsensibilität zurückzuführen ist. Dank seiner exponierten Lage ist das großflächig ausgebreitete Hautorgan der Untersuchung besonders leicht zugänglich, so daß es eine lange Reihe von Morphologen, Physiologen und Klinikern gibt, die sich um die Erforschung der Nervenausbreitungen und Endorgane in ihm bemühten.

Als frühestes wurden die größten, mit bloßem Auge wahrnehmbaren korpuskulären Gebilde in der Subcutis bereits 1741 von Johannes Gottlob LEHMANN in einer Dissertation bei Abraham VATER in Wittenberg beschrieben. Er nannte sie *Papillae nerveae*, woraus hervorgeht, daß er sie dem Nervensystem zuordnete. Dies war jedoch eine bloße Vermutung, denn es gelang ihm noch nicht in genügendem Maße, ihre Struktur festzulegen oder aber eine Verbindung mit dem Nervensystem oder einem anderen Organsystem herzustellen. Dadurch geriet diese Arbeit wieder in Vergessenheit, und 100 Jahre später beschrieb PACINI nochmals die gleichen Formationen.

Ihm war schon bekannt, daß jedes Körperchen aus einem System dünner schichtförmiger Kapseln bestand, die konzentrisch angeordnet waren und in den Zwischenräumen Flüssigkeit enthielten. Den Zusammenhang mit dem Nervensystem erkannte er auch noch nicht. Seine Vermutung war, die gefundenen Körperchen könnten in irgendeiner Beziehung zu elektrischen oder magnetischen Erscheinungen im Organismus stehen. Er brachte sie auch mit dem lymphatischen System in Verbindung. Es wird an einer späteren Stelle noch zu berichten sein, wie oft diese Gebilde als Forschungsobjekte dienten und welch mannigfache Deutungen ihrer Funktion ausgesprochen wurden.

Bald nach diesem, 1852, wurden andere, kleinere Körperchen in der Haut entdeckt, welche besonders an Finger- und Zehengliedern in Form von Wärzchen zu finden waren und von WAGNER und MEISSNER 'corpuscula tactus' geheißen wurden, worunter man den Tastsinn verstand. Die Beziehung dieser elliptischen Körper zu den terminalen Enden einer oder zweier 'Tastnervenfäden' wurde bereits erkannt.

Etwa in der Mitte des 19. Jahrhunderts war man dazu übergegangen, Gewebeschnitte anzufärben, was zu einer Bereicherung in der Beschreibung von Nervenkörperchen und freien Nervenendigungen in der Haut führte. Häufig fehlten klare Definitionen der einzelnen Formen, so daß Verwechslungen vorkamen und oft Übergangsformen für neue Gebilde gehalten wurden, wie man auch in der Beurteilung von Kunstprodukten noch unerfahren war und

solche ebenfalls zu Fehldeutungen führten. Ebenso reichhaltig waren die Funktionen, mit denen die entdeckten Gebilde in Beziehung gebracht wurden, worüber man sich häufig nur in Vermutungen ergehen konnte.

Eine völlig neue Wendung nahmen die Untersuchungen der Nervenendigungen der Haut gegen Ende des 19. Jahrhunderts. Zum erstenmal wurden sogenannte gekreuzte Experimente durchgeführt. DONALDSON war der erste, der auf einem bestimmten Hautbezirk zunächst einmal lokalisierte, wo warm und wo kalt empfunden wird. Danach nahm er unter diesen 'Sinnespunkten' genaue histologische Untersuchungen vor. Er fand zahlreiche Nerven unter diesen Stellen aber ebenso zahlreiche auch in benachbarten Teilen. Daher mußte er seine Ergebnisse als negativ betrachten.

Nur zehn Jahre später verbreitete von FREY (1895) seine klassische Theorie über die Sinnespunkte. V. FREY nahm an, daß spezifische Reize wie Berührung, Schmerz, Kälte, Wärme immer nur je eine Art von Körperchen erregen. Die Zahl der inzwischen schon beschriebenen Nervenkörperchen deckte sich ungefähr mit der Zahl der zu jener Zeit angenommenen Empfindungsqualitäten. Versuchsweise brachte er Haare und MEISSNERsche Körperchen mit Berührung, KRAUSES Endkolben mit Kälte, RUFFINISCHE Körperchen mit Wärme und freie Nervenendungen mit Schmerz in Verbindung.

Diese Theorie wurde von vielen bereitwillig angenommen, besonders von den Physiologen, z.B. EBBECKE,

HARDY, OPPEL, ADRIAN, deren eigene experimentelle Beobachtungen sich gut in dieses Gebäude einfügten. Es gab wenige, die sich nicht entschließen konnten, besondere Hautnervenendigungen mit besonderen Sinnesqualitäten zu identifizieren z.B. HÄGGQUIST und DALLENBACH. Da sie aber zur Erklärung der beobachteten Tatsachen keinen vernünftigen Gegenvorschlag machen konnten, blieben ihre Stimmen ohne Echo. Vielmehr begannen die Neurohistologen, durch immer feinere Gewebeschnitte und verbesserte Färbetechnik minutiöse Einzelheiten der Hautnervenendigungen herauszuarbeiten, um durch genaueste Kenntnis von Form, Lage, Beziehung zu benachbarten Gebilden, Gestaltwandel nach verschiedenen Beanspruchungen u.ä. irgendwelche Rückschlüsse auf eine bestimmte zugeordnete Funktion schließen zu können. So erwies sich die klassische Theorie der Sinnespunkte nicht nur als ein Leitfaden, sondern eigentlich auch als eine Fessel für die Forschungen auf diesem Gebiet über viele Jahre hinweg.

Erst in der jüngsten Zeit, seit Anfang der 50er Jahre, wurden besonders von einer englischen Forschergruppe um SINCLAIR und WEDDELL, aber auch von deutscher Seite (HENSEL, KANTNER) auf Grund sorgfältiger Beobachtungen und Untersuchungen ernste Zweifel angemeldet in Bezug auf die Gültigkeit vom Gesetz der spezifischen Sinnespunkte. Es wurde z.B. in verschiedenen Arbeiten gezeigt, daß das Wärmegefühl nicht an bestimmte Nervenendkörperchen gebunden ist wie von FREY es forderte,

sondern auch dort warm empfunden wird, wo es keine RUFFINISchen Körperchen in der Haut gibt, sondern nur freie Nervenendungen. Man hat daraus geschlossen, daß es wohl nicht so sehr auf das Vorhandensein von ganz bestimmten anatomischen Formationen ankomme, als vielmehr die Art des Reizes ausschlaggebend sein könne für die Weiterleitung von Aktionspotentialen, die dann im Zentrum gewisse 'Muster' erregen, welche die für uns wahrgenommene Sinnesempfindung hervorrufen. Da solche und ähnliche Vermutungen in der letzten Zeit öfter diskutiert wurden und eine völlig neue Basis für die Erforschung der Hautsensibilität darstellen, ist es von Interesse, die Literatur zu überblicken über die Art der Nervenendungen in der Haut und ihre physiologische Spezifität.

Die Bauweise der Nervenausbreitungen läßt mehrere Gesichtspunkte für eine Einteilung zu. Die brauchbarste erscheint in weitgehender Anlehnung an KANTNER:

1. Freie Nervenendungen, deren Zweige

- a) in das Epithel eintreten
- b) subepithelial enden
- c) die Anhangsgebilde der Haut erreichen.

2. Nervenetze.

3. Nervenkörperchen

- a) eingekapselt
- b) nicht eingekapselt.

1. a) Intraepitheliale Nervenendungen.

Intraepitheliale Nervenendungen beschrieb als erster LANGERHANS 1868, die er in Präparaten mit Goldchloridfärbung fand. Er glaubte, daß gerade unterhalb des Stratum germinativum Nervennetze bestünden, von denen aus feine Nervenfasern in das Epithel aufsteigen und da frei enden. MERKEL (1880) teilte die Beobachtung mit, daß bestimmte Zellen in der Epidermis besonders aufgeheilt seien und an ihrer Basis Nerven endeten in Form von Knöpfen oder Schwellungen. Er hielt sie für modifizierte SCHWANNsche Zellen. In der Folgezeit sprach man von MERKELschen Körperchen, später, indem man sie mit dem Tastsinn in Verbindung setzte, von MERKELschen Tastscheiben. Besonders TRETJAKOFF (1902) bemühte sich um die Beschreibung ihrer wahren Natur. Er betonte, daß man 2 Teile unterscheiden könne, eine spezielle Berührungszelle und eine scheibenähnliche terminale Nervenendigung an deren Oberfläche. Im Tangentialschnitt stellten sich viele Zellfortsätze dar, die jedoch mit denen der benachbarten Zellen nicht verschmelzen. Diskusähnliche Nervenendigungen können von überall an die Zelle herantreten, nicht nur von unten. DOGIEL (1903) sah auch intraepitheliale Nervenendungen, besonders an Tastzellen. Er glaubte aber, daß sämtliche Endverzweigungen sensibler Nerven aus mehr oder weniger engmaschigen, jedoch vollkommen geschlossenen Neurofibrillennetzen bestehen, die in perifibrilläre Substanz eingelagert sind. BOTEZAT (1908)

beschreibt 7 verschiedene Typen intraepithelialer Nervenendungen, die sich durch speziellen Charakter unterscheiden, von denen er annimmt, daß sie die anatomische Grundlage für die verschiedenen Gefühlsqualitäten der Haut darstellen: dicke und dünne Dendriten, intracellulär mit Endknöpfchen endend; breite intercelluläre Dendriten; horizontalverlaufende intercelluläre Büscheldendriten; pericelluläre Netzchen, Schleifenverästelungen und dicke Achsenfasern mit lateralen Fibrillennetzchen. Die Schnitte wurden mit Methylenblau angefärbt und unter verschiedenen Vergrößerungen betrachtet. Einige Jahre später (1912) widerruft BOTEZAT die früher von ihm vertretene Meinung der intracellulären Lage der Nervenendknöpfchen, welche nur vorgetauscht scheint durch Schrumpfung des Plasmas überlagerter Zellen. Ebenso bemerkt CLARA (1959), daß feine Zweige aus unter dem Epithel sich ausbreitenden Geflechten sich zwischen den Epithelzellen verästelten, am Ende der 'Endbäumchen' ösen- oder netzartige Neurofibrillenstrukturen zur Darstellung kommen, die in das Plasma der innervierten Zelle einzutauchen scheinen. BOEKE (1925) beweist an sehr feinen Schnitten des Hornhautepithels vom Frosch die intracelluläre Lage der Nervenendungen, im Gegensatz zu anderen Forschern, die dies verneinen (BOTEZAT, KADANOFF). Die Endösen und Reticularen liegen seiner Ansicht nach dem Kern genähert, worin er eine physiologische Bedeutung vermutet: Neurofibrillen im wasserreichen Axoplasma gelegen zur besseren Erregungsleitung. Dagegen erfährt im

körnigen Protoplasma die Erregungswelle eine Änderung. Außerdem wird vom gleichen Verfasser die intraepitheliale Nervenendung an Sinneszellen, den nach MERKEL benannten Tastzellen, beschrieben. Aus dem Bindegewebe der Cutis tritt in die tiefen Schichten des Epithels eine Nervenfasern an die Tastzelle heran und bildet an der unteren Fläche platten- oder schalenförmige Netzkörperchen. Die nervöse Tastscheibe im Protoplasma der Zelle wird gebildet aus feinsten Netzen mit periternalem Netzwerk, welches durch die ganze Zelle zu verfolgen ist. Bevorzugte Lage des Zellkerns ist eng an der Tastscheibe. BOEKE machte weiter die Beobachtung, daß nach Durchschneidung des Nerven und Degeneration der nervösen Scheibe die Kerne in den Tastzellen regellos gelagert sind, dagegen nach Regeneration der Nervenscheibe die Kerne sich wiederum in unmittelbarer Nähe der nervösen Scheibe vorfinden. Über die Natur dieser Beziehungen und ihre physiologische Bedeutung werden keine Vermutungen geäußert.

Sehr ausführlich beschrieb KADANOFF (1924) 'freie' intraepitheliale Nervenfasern. Er stellte fest, daß sie nicht zu Neurofibrillennetzen verschmelzen, lediglich in den unteren Schichten des Epithels pericelluläre Netze um die MERKELschen Tastzellen bilden. Nach ihrem Verhalten teilte er die intraepithelialen Nervenfasern in 2 Gruppen ein: in dicke Fasern, die mit Knöpfchen an Epithelzellen enden und dünne, nur wenige Neurofibrillen enthaltende, die immer dünner werden und

einzelne Schlingen an Epithelzellen heranschieben. KADANOFF lehnt eine intracelluläre Lage der Knöpfchen entschieden ab, läßt aber die Möglichkeit offen, daß von dem Knöpfchen Neurofibrillen abzweigen, die in das Protoplasma der Zelle eindringen. Dieses war mit den ihm damals zur Verfügung stehenden Darstellungsmethoden nicht zu erweisen. Bei vollständiger Ausbildung und Entfaltung der 'freien Nervenendigungen' wurden die MERKELschen Tastzellen nur in kleinerer Zahl beobachtet.

RETZIUS (1898) konnte mit Chromkali-Silber- und Methylenblaumethode nur 'freie, intercellulär verlaufende Enden' der echt sensiblen Nerven in der Epidermis und Epithelschicht der Schleimhäute finden, keine Netze oder anastomosierende Nervenenden.

STÖHR (1928) charakterisierte sämtliche Nervenendigungen als Oberflächenvergrößerung an circumscripiter Stelle. Das Neurofibrillengefüge sei aufgelockert und am Ende zu kolbenartigen Anschwellungen verdickt. Freie Nervenenden, die wie Blitzableiter ins Epithel hineinragen kommen niemals vor.

WEDDELL (1945) veröffentlichte Mikrophotographien von intraepithelialen Nervenendungen. Er glaubte, daß im Gegensatz zu den hauptsächlich frei im Epithel endenden Nervenfasern einige wenige Fasern, die sich vom gleichen Stamm herleiten, miteinander verschmelzen können. Dagegen fände eine Verschmelzung zwischen Endungen von benachbarten Nervenstämmen niemals statt.

Später zeigten WEDDELL und ZANDER (1951) anhand von frischem Material aus dem Cornealepithel, welches unter dem Phasenkontrastmikroskop betrachtet wurde, daß keinerlei Fusion zwischen Nervenfasern im Epithel stattfinde, obgleich häufig der Anschein von Verschmelzung erweckt werde, besonders bei Schrumpfungsprozessen. Daraus schlossen die Autoren, daß die intraepithelialen Nervenfasern normalerweise im lebenden Gewebe nicht verschmelzen. Sie liegen jedoch so nahe beieinander, daß nach der geringsten Beanspruchung, z.B. durch Fixierung, eine Verschmelzung vorgetäuscht wird. Dies wurde nochmals ganz besonders hervorgehoben in einer späteren Arbeit (WEDDELL et al., 1954), in der berichtet wurde über die Hautnervenendungen nach vorangegangener Behandlung des Gewebes mit Hyaluronidase. Auf diesen Schnitten sei zu erkennen, daß es einen einfachen Basisbauplan gibt: von Stammfasern nehmen eine Reihe sehr feiner, nackter Axoplasmafäden ihren Ausgang und enden in verschiedener Weise. Einige sind umschrieben und enden innerhalb von Zellkapseln oder um Haarfollikel, andere sind verteilt über weite Gebiete und enden frei in der Epidermis und Dermis, sind um Blutgefäße und Schweißdrüsen. Fäden von Nachbarstämmen verweben sich mit ihnen und den Gewebselementen, zwischen denen sie liegen. Es wird jedoch weder eine Verschmelzung noch ein Eindringen in das Zellcytoplasma beobachtet. WEDDELL betont besonders, daß diese feinen Endungen sehr leicht zu beschädigen sind, da sie nur aus Axoplasma mit umgebender molekularer Membran bestehen. Nach Trau-

matisierung weisen solche Endungen Strukturen auf, die denen der MERKELschen Scheiben gleichen.

Als Funktion der intraepithelialen Nervenendungen nahm von FREY die Schmerzperzeption an. Ob diese Vermutung auch den tatsächlichen Gegebenheiten einer elektrischen Reizaufnahme und Weiterleitung entspricht, untersuchten WOOLLARD, WEDDELL und HARPMAN (1940) sowohl funktionell als auch histologisch. Schmerzreize wurden mittels Glas oder Stahlnadeln auf die verschiedensten Hautpartien appliziert und die Schwelle, Dauer und Intensität des Schmerzes registriert. Unter den Beobachtungspunkten wurden anschließend Hautzylinder ausgestanzt und histologisch durchforscht. Die Autoren kamen zu dem Schluß, daß der Hautschmerz durch die feineren markhaltigen und markarmen Nervenfasern, die freie Endungen tragen, geleitet wird. Die Fasern und Endungen sind spezifisch, durch viele Verästelungen bilden sie ein sehr feines Netzwerk. Der Schmerz kann dabei entstehen in der tiefen Lage der Epidermis wie auch in der oberflächlichen Lage der Cutis. Die dargestellten Ergebnisse wurden als eine Bestätigung der spezifischen Nervenaktivität angesehen.

Bei Betrachtungen der Haut im Anschluß an eine Nervenläsion bzw. Hautnarbengewebe in Verbindung mit den Ergebnissen der sensorischen Reize konnten WEDDELL, SINCLAIR und FEINDEL (1948) finden, daß dort anstelle von Schmerz nur eine 'unangenehme Empfindung' verspürt wurde, wo Nervennetze und -endungen isoliert in der

Haut lagen und sich nicht mit denen der Nachbarschaft verweben. Eine Erhöhung der Reizintensität bewirkt hier keine Vergrößerung des Schmerzes. Bei Abnormitäten in der Morphologie der Schmerzenden, wie m.B. Wachstumskegel, war dagegen die Qualität der Schmerz-sensibilität nicht beeinflusst, aber ein Wechsel in der Schmerzschwelle. In der Cornea gibt es nur freie Nervenendungen, die in dem Epithel Schmerz, in der substantia propria dagegen Berührungsempfindung vermitteln (ZANDER und WEDDELL, 1951). Nach einer erfolgreich ausgeführten Trigeminostraktotomie werden mechanische Reize, die vorher Schmerz hervorgerufen haben, nur noch als Berührung empfunden.

KANTNER (1957) fand bei genauer Durchmusterung von Epithelien aus den verschiedensten Körpergegenden, daß z.B. im Pylorus, Cervix uteri und Ureter freie Nervenendungen nur bis an die unterste Zelle des Epithels heranreichen, d.h. eine Schmerzempfindung wäre danach an diesen Stellen unwahrscheinlich, was ganz im Gegensatz zur praktisch klinischen Erfahrung steht. Dagegen besitzt die Portio vaginalis an bestimmten Stellen dicke intraepitheliale Fasern und müßte demnach hoch schmerzempfindlich sein, jedoch trifft das bekanntlich nicht zu. Einige Versuche haben gelehrt, daß die verschieden dicken freien intraepithelialen Fibrillen bei nicht überstarker Reizung als Träger von Tast- und Schmerzsinn anzusprechen sind (KINDLER, 1955). Dies würde auch den Erfahrungen der

Elektrophysiologen entsprechen, die den freien Nervenendigungen eine räumlich diffusere mechanische Empfindungsqualität, auch Kitzel und Jucken zuordnen (HENSEL, 1961).

1. b) Subepithelial endende freie Nervenendungen.

Die Literatur hierüber ist unbestimmt und ausweichend. DOGIEL (1903) beschrieb 5 morphologische Typen, die er in Methylenblaupräparaten gefunden hatte. Eine besondere freie Nervenendigung dicht unter der Basalmembran in der Haut der menschlichen Fußsohle beschreibt KADANOFF (1924). Diese von einer markhaltigen Nervenfaser ausgehende Endigung bildet vorher noch ein Netz von Nervenknäuelfasern. KADANOFF glaubt, daß die von ihm gefundene Nervenendigung ein Übergang zwischen baumförmigen Nervenendungen im Stratum reticulare und den MERKELschen Tastzellen darstellt, besonders da die letzteren auch im Corium angetroffen werden.

Über eine lange Zeit wurden subepithelial endende Nervenfasern nicht mehr in der Literatur erwähnt. WEDDELL u.a. (1954) sehen als Grund dafür den Rückgang der Methylenblaufärbungen zugunsten der Silberimprägnationen, mit Hilfe derer man viel weniger gut feine Nervenfasern darzustellen vermag. In den neueren Arbeiten werden die subepithelial endenden Nervenfasern hauptsächlich in Verbindung mit den intraepithelialen Nervenfasern bzw. mit subcutan gelegenen Nervennetzen genannt (WEDDELL et al. 1954; WOOLLARD, WEDDELL, HARPMAN, 1940; HAGEN et al., 1953).

1. c) Nervenendigungen, die die Anhangsgebilde
der Haut erreichen.

Erstmalig wurde die Innervation von Haarfollikeln von GEGENBAUR (1851) beschrieben und zwar 2 Netze, von denen eins innerhalb des anderen gelegen sei. Sein Material bildeten die 'Vibrissae' von Hunden, Katzen und Kaninchen. Eine systematische Aufzählung der Innervierung von Haaren aus verschiedenen Körperregionen gab ARNSTEIN (1876). Er fand in Methylenblaupräparaten, daß jedes gewöhnliche Körperhaar von Mäusen und Kaninchen von 5 oder 6 Nervenfasern versorgt wird, die aus verschiedenen Richtungen herantreten und sich von 2 oder 3 dünnen Nervenstämmen ableiten. Sie finden ihr Ende in der sog. Glasschicht des Haarfollikels. BOTEZAT (1903, 1912) beobachtete, daß die Anzahl der Nervenfasern und der Komplex ihrer Endungen in Beziehung standen zur Größe der Haarfollikel und diese wiederum von Tier zu Tier wechseln. Eingehende Beschreibungen gaben noch LEFÉBURE (1908) und SZYMOWICZ (1909). STÖHR (1898) erwähnte freie spatelförmige Endungen in der Glasschicht und Tastscheiben in der äußeren Wurzelscheide. Das gleiche gab KADANOFF (1928) bekannt, der detaillierte Beschreibungen der Endungen in der äußeren Wurzelscheide sowie der Tastzellen lieferte. AKKERINGA (1930) sah Palisadenendungen. JOHN (1941) beschreibt enge Verflechtung sensibler und vegetativer Nervelemente in einem Netzwerk auf dem epithelialen Haarbalg im gleichen Niveau. In der gleichen Arbeit wurde nachgewiesen, daß in

manchen Fällen das netzförmige Nervenende heterogene Organe umfaßt z.B. Talgdrüsen und Haarwurzel, Haarmuskel und Haarwurzel. Nach HAGEN, KNOCHE, SINCLAIR, WEDDELL (1953) gibt es in der behaarten Haut korbähnliche Netzwerke um die Haarfollikel und reichlich sich verzweigende feine Endungen. In den Haaren selbst sahen WEDDELL, PALLIE, PALMER (1954) niemals Netzformationen, sondern frei endende nackte Axoplasmafäden, die in der mittleren Lage der Bindegewebshülle liegen und zwischen den Zellen der äußeren Wurzelscheide auf der Oberfläche der Glasschicht direkt am Haarschaft. Ihren Ausgang nehmen sie von markhaltigen Stammfasern, von denen sie sich bäumchenartig abzweigen und im rechten Winkel zueinander verlaufen.

KADANOFF (1958) untersuchte mit der Silbermethode nach BIELSCHOWSKY Nervenendigungen menschlicher Haare aus verschiedenen Körperregionen. Er unterschied nach Form und Verbreitung 2 Haupttypen von Nervenfaseraufzweigungen: 1. Palisadenendigungen, vorwiegend an kleinen Terminalhaaren und 2.) Nervenfaserringgeflechte und Palisaden, die von den Ästchen des Geflechts gebildet werden. Dieser Typ wird meist bei den größeren Haaren angetroffen. Palisaden und Ringgeflechte werden als einziger komplizierter Rezeptor des ganzen Haares angesehen. Die Entfaltung der Nervenendigung entspricht nicht immer der Größe der Haare, sondern vielmehr der Empfindlichkeit der betreffenden Hautstellen. So kommt es, daß an den Kopfhaaren viel weniger Nervenfasern und -endigungen gefunden werden als an den Lippen-, Barthaaren und Cilien.

2.) Nervennetze.

CLARA (1959) schreibt: 'Die feinen Zweige der intraepithelialen Nervenfasern kommen aus unter dem Epithel sich ausbreitenden Geflechtem. Im Bindegewebe finden sich Netz-, Geflecht- und Schlingenbildung. Von diesen wieder gibt es Übergänge zu den eingekapselten Nervenendigungen, da die Kapsellamellen oft nur spärlich und undeutlich ausgebildet sind'.

KANTNER (1957, 1961) betont, daß sich Flächennetze meist unter mehrschichtigem Plattenepithel finden, an inneren Organen fehlen sie. Man kann ein oberflächliches und ein tiefer gelegenes Flächennetz unterscheiden, in einer Tiefe von 150 - 180 μ , dort herrscht ein Optimum der Temperaturempfindungen, wie elektrophysiologische Versuche an der Katzenszunge ergaben (HENSEL, 1955). Wie die Erregung in die Gegend der Nervennetze gelangt, muß offenbleiben. In der Netzformation wird ein Optimum für thermische Ein-drücke erblickt, jedoch nicht ausschließlich, denn diese sind nicht allein an Flächennetze gebunden. Manche Gegenden vermitteln geringe Temperaturempfindlichkeit, ohne Nervennetze zu haben, so die Portio.. und der Oesophagus.

3.) Nervenkörperchen.

Der großen Masse der "freien" Nervenendigungen stehen eine Reihe von Nervenkörperchen gegenüber, zu denen die Nervennetze sozusagen das Bindeglied darstellen. Die Netz- und Schlingenkörperchen besitzen noch keine oder nur eine sehr mangelhaft ausgebildete bindegewebige Hülle. Man trifft sie unter den verschiedenen Autorennamen in der Literatur an.

Die WAGNER-MEISSNERSchen Körperchen wurden bereits 1852 beschrieben, es sind elliptische 40 - 100 μ lange und 30 - 60 μ breite Gebilde, die aus zahlreichen übereinandergeschichteten, quergestellten abgeplatteten Zellen (Tastzellen) aufgebaut und von einer dünnen bindegewebigen Hülle umgeben sind, die am distalen Ende auch fehlen kann. An jedes Körperchen können 1 - 5 markhaltige Nervenfasern treten, in quergestellten Tournen zunächst die Oberfläche des Tastkörperchens umkreisen, dann ihre Markscheide verlieren und in das Körperchen eintreten. Zwischen den Tastzellen bilden sie feine Neurofibrillennetze, welche in das Cytoplasma der Tastzellen eingelagert sind. In der Umgebung der Körperchen bilden außerdem zahlreiche sympathische Fasern ihr Endgeflecht. Ihr Vorkommen ist hauptsächlich in den Bindegewebspapillen der Haut mit besonderer Häufung in den Tastballen der Finger und Zehen, Hohlhand und Fußsohle, spärlicher an behaarten Hautstellen der Hand und des Fußes und ganz vereinzelt im Nagelbett, in der Haut der Brustwarze, des Lippenrotes, der Zungenspitze, Clitoris und den Augenlidern.

Als RUFFINISCHE Körperchen betrachtete man 0,2 - 2 mm lange Gebilde, die aus einer spindelförmigen, mit zahlreichen elastischen Elementen durchsetzten Bindegewebsmasse und einer 4-5 Lamellen zarten Kapsel bestehen. Eine oder mehrere Nervenfasern breiten sich nach Verlust der Markscheide mit zahlreichen feinen, vielfach verschlungenen Zweigen zwischen den Bindegewebsbüscheln aus. Ihr Vorkommen ist vielerorts im subcutanen, submukösen und intermuskulären Bindegewebe u.a..

Genitalnervenkörperchen, nach KRAUSE benannt, sind vor allen Dingen in der Haut des äußeren Geschlechtsorgans, aber auch an anderen Stellen der Haut und regelmäßig in den tieferen Lagen des Hautbindegewebes zu finden. Die zutretenden Nervenfasern beschreiben an der Oberfläche der Kapsel unter mehrfacher Aufteilung verschiedene Windungen, treten dann durch die Hülle hindurch, wobei sie ihre Markscheide verlieren und bilden danach verschiedene Endungsformen im Innenkolben des Körperchens.

Einen ähnlichen Bau wie die Genitalnervenkörperchen weisen die KRAUSEschen Endkolben auf, die z.B. in der Conjunctiva, Cornea und den Mamillen gefunden werden.

In der Haut der Genitalregion werden noch andere eingekapselte Nervenendigungen gefunden, die ähnlich gebaut sind wie die VATER-PACINISCHE Körperchen, nur kleiner und einfacher. Sie werden DOUGLISCHE Körperchen und GOLGI-MAZZONISCHE Körperchen genannt.

DOGIEL (1905) gab eine Zusammenfassung der Nervenendapparate und beschrieb dabei folgende:

1.) Tastscheiben im Epithel (MERKEL); 2.) VATER-PACINISCHE Körperchen; 3.) modifizierte VATER-PACINISCHE Körperchen, worunter er die GOLGI-MAZZONISCHEN Körperchen und die KRAUSEschen Endkolben verstand; 4.) MEISSNERSche Körperchen; 5.) Papilläre Büschel (*fiochetti papillari*), d.h. freie Nervenverzweigungen. Er war der Meinung, daß gleich wie die beschriebenen überhaupt sämtliche Endverzweigungen sensibler Nerven aus mehr oder weniger engmaschigen, jedoch vollkommen geschlossenen Neurofibrillennetzen bestehen. Die Formen der Netze können verschieden sein. Ungeachtet der scheinbaren Mannigfaltigkeit der Nervenendapparate sind dieselben im Grund einförmig nach einem Grundtypus gebaut: überall geschlossene Neurofibrillennetze, die in perifibrilläre Substanz eingelagert sind. Der Unterschied besteht darin, daß die einen unmittelbar denjenigen Gewebelementen anliegen, zwischen denen sie eingelagert sind, andere stehen in unmittelbarem Kontakt mit besonderen Tastzellen, andere sind in Hohlräumen angehäuft, welche von Bindegewebshüllen umgeben und dadurch vom übrigen Gewebe abgesondert sind. Den wesentlichen Unterschied zwischen den mannigfaltigen Arten von Endapparaten bilden nach DOGIELs Auffassung nicht die äußeren Formen und der Bau, sondern die Gesamtmenge der Neurofibrillen, welche in den Bestandteil sämtlicher Netze eingehen, in

denen alle Verzweigungen des peripheren Fortsatzes einer sensiblen Zelle endigen, sowie die Gesamtmenge der zwischen den Fibrillen vorhandenen Perifibrillärsubstanz.

RUFFINI (1905) bemerkte die Existenz von Übergangsformen und die Unzulänglichkeit einer starren Einteilung. In der gleichen Weise sprach sich CECCHERELLI (1908) aus, der bei Untersuchungen des Zungen- und Mundhöhlenepithels zahlreiche Endungen sah, die sich nicht präzise einordnen ließen unter die bisher bekannten Endorgane.

Ausführliche Untersuchungen über die peripherischen Nervenausbreitungen in der jüngsten Zeit machte KANTNER (1957). Er verzichtete bewußt auf Autorennamen und Funktionsbezeichnungen, da diese in ihrer Mannigfaltigkeit Verwirrung stiften. Die reine morphologische Beschreibung der Befunde führte zu:

- 1.) Netzkörperchen. Auf einem umschriebenen Gebiet weichen eine oder mehrere marklose Nervenfasern auseinander, die Fibrillen bilden ein feines Netzwerk. Aus dem Netzverband lösen sich mehrere Fibrillen los und tauchen antennenförmig in Richtung Bindegewebspapillenkuppe oder -spitze ins Epithel ein. Die Fibrillenbündel stehen mit den kernen ihrer Umgebung in enger Berührung.
- 2.) Schlingenkörperchen. Die aus marklosen Nervenfasern stammenden Fibrillenbündel sind bei ihnen dicker,

liegen zu mehreren nebeneinander und winden sich in großen Bögen wellenförmig im Bereich des Körperchens. Eine netzartige Anordnung fehlt bei ihnen. Feinere Faserzüge können mit verschiedenartigen nervösen Elementen in Verbindung treten. Auch hier findet man eine Vermehrung der Kerne in der Umgebung, aber nicht so viel wie beim Netzkörperchen. Auch ist der Kontakt der Fibrillen mit den Begleitkernen nicht so innig. Schlingenkörperchen haben immer eine Kapsel.

Die Netz- und Schlingenkörperchen liegen ähnlich wie die Flächennetze unter mehrschichtigem Plattenepithel. Von der Epidermis her oder aus der Nachbarschaft treten Erregungen an ein Körperchen heran. Dieses leitet sie dann direkt oder über andere Körperchen (durch Nebeneinander- oder Hintereinanderschaltung) zentralwärts weiter.

Mit Ausnahme der tief gelegenen VATER-PACINISCHEN Körperchen können alle anderen Endkörperchen den beiden beschriebenen Typen zugeordnet werden. In der behaarten Haut fehlen Körperchen normalerweise völlig. Dies läßt sich besonders gut demonstrieren beim Übergang vom Teil des Lippenrotes zur äußeren behaarten Lippenhaut (KANTNER, 1965). Auch HAGEN et al. (1953) fanden in der behaarten Bauchhaut, dem Fingerrücken und der äußeren Lippenhaut keine spezialisierten Endkörperchen, dagegen zahlreiche Körperchen in der Lippen-schleimhaut und Fingerbeere. Eine absolute morphologische Grenze zwischen dem einen und dem anderen Typ

konnte dabei nicht festgestellt werden, intermediäre Formen waren reichlich vorhanden. Der Lage nach wurden 2 Gruppen beobachtet: eine oberflächliche Gruppe von Körperchen direkt unter dem Epithel und eine tiefere Gruppe in einiger Entfernung davon, wobei die tieferen Körperchen eine dickere Kapsel aufweisen. In der behaarten Haut wurden anstelle der Endkörperchen korbähnliche Netzwerke um die Haarfollikel gefunden. Es wird die Vermutung ausgesprochen, daß es 2 Typen von Endungen in der Haut gibt: eine einfach und frei verzweigend, die andere komplex und lokalisiert, wobei die letzteren in der behaarten Haut von den Endungen um die Haarfollikel und in der unbehaarten Haut von den organisierten Endungen repräsentiert werden. Möglicherweise haben alle diese Endungen einen einfachen Grundbauplan.

Einen von allen anderen Endkörperchen deutlich unterschiedlichen Bau nehmen die VATER-PACINISCHEN Körperchen ein. Sie sind elliptische Gebilde 0,5 - 4,5 mm lang und 1-2 mm dick, bestehend aus Hülle, Innenkolben und Achsenzylinder. Die Hülle wird gebildet aus einer großen Anzahl ineinandergeschachtelter Kapseln, von denen jede von der nächstliegenden durch eine einfache Lage platter Bindegewebszellen geschieden ist. Jede Kapsel enthält Flüssigkeit und teils längs, teils querverlaufende Bindegewebsfasern. Diese gehen aus der Bindegewebs Scheide der eintretenden dicken Nervenfasern hervor. Kapseln sind umso schmaler,

je näher sie dem Innenkolben liegen. Häufig hängen sie gegenüber vom Nerveintritt durch einen in der Richtung des Innenkolbens verlaufenden Strang zusammen. Der Achsenzylinder im Innenkolben erscheint bald als einfacher, bald als gabelig geteilter Strang und gibt eine Menge feiner, knäuelig verbundener Ästchen ab, die den Binnenraum des Innenkolbens ganz ausfüllen. Sie werden von den feinen Verästelungen eines zweiten Achsenzylinders umspinnen. In der Bindegewebs-scheide der Nervenfasern tritt auch eine kleine Arterie in das Lamellenkörperchen ein, die sich in ein zwischen den Kapseln gelegenes Kapillarnetz auflöst. Ihr Vorkommen ist außer in der Haut (Vola manus, Planta pedis, Brustwarzen, im Gebiet des N.pudendalis) auch in der Tiefe, z.B. Gelenknähe, Knochen- und Perio-stnerven, Sehnen und deren Scheiden, Fascien, Nachbarschaft des Pancreas, Tuba uterina, Mesenterium, parietales Bauchfell). Entdeckt wurden sie, wie bereits eingangs erwähnt, von VATER (1741), PACINI (1840) erkannte das Kapselsystem, LACAUCHIE (1843) unterschied einen zentralen und einen peripheren Teil. HENLE und KÖLLIKER (1844) sahen die Verbindung eines jeden Körperchens mit einer Nervenfasern, die in das Körperchen eindringt und dort mit knopfförmigen Verdickungen endet. Damit war erstmals festgelegt, daß solch ein Körperchen einen peripheren Anteil des Nervensystems darstellt, und in der Folgezeit beschäftigte die Forscher nicht allein die genaue Festlegung der Morphologie eines Körperchens, sondern vor allen Dingen auch

seine Funktion.

Auf die Aufzählung der vielen Einzelheiten, die zur Aufklärung der Struktur der Körperchen geführt haben, soll hier verzichtet werden. Erwähnenswert sind einige jüngere Arbeiten elektronenmikroskopischer Untersuchungen, deren Ergebnisse unserem bisherigen Kenntnisse vom Bau der VATER-PACINischen Körperchen erweitern. SCHWARZ (1951) konnte zeigen, daß die Lamellen überall einen einheitlichen Aufbau aufweisen, sie bestehen aus einem Geflecht von "Fibrillen", deren Verdichtungen Kerne vortäuschen. In ihrer Nähe befindet sich amorphe Substanz, die als Cytoplasma angesprochen werden kann. Nach Ausfall der Oberflächenversilberungsmethode nach GÖMÖRI wird angenommen, daß die Fibrillen nicht zum Bindegewebe gehören, ihr völlig anders gearteter Aufbau läßt an cytoplasmatische Fortsätze denken. Sie werden daher als Bestandteile der peripheren Glia gedeutet, möglicherweise sind sie modifizierte SCHWANNsche Zellen. SCHWARZ untersuchte die VATER-PACINischen Körperchen im Pankreas. Auch PEASE und QUILLIAM (1957) kommen zum Ergebnis, daß die Lamellen aus Cytoplasma gebildet werden, sie sind in der äußeren Zone konzentrisch, im Innern bilateral angeordnet. Dazwischen liegt eine intermediäre Wachstumszone. Die zutretende Nervenfaser verliert die Markscheide gerade bevor sie den Innenkolben erreicht, aber behält die SCHWANNsche Scheide ein zusätzliches

Stück weit. Gefäßkapillaren dringen am Hilus, so weit die Markscheide reicht, ein, sonst nirgendwo. An der äußeren Oberfläche der Lamellen sind kollagene Fibrillen vorhanden, zirkulär angeordnet. Über die Nervenfasern im Zentrum des Körperchens schreiben QUILLIAM und ARMSTRONG (1963), sie verliere ihre Markscheide unmittelbar vor ihrem Eintritt in den Innenkolben und erfahre einen Gestaltwechsel. Sie ende im distalen Pol in einer Anzahl keulenförmiger Verdickungen.

Die Funktion der Körperchen.

Überblickt man eine große Zahl der Veröffentlichungen über die Funktion der VATER-PACINischen Körperchen, so zeichnen sich, wenn man von den allerersten Mutmaßungen absehen will, 2 Gruppen ab: Die eine Gruppe von Forschern vertritt die Ansicht, daß die VATER-PACINischen Körperchen Regulatoren der Körperflüssigkeiten darstellen. MICHAÏLOW (1909) hält sie für Registratoren des Blutdruckes in den Kapillaren, ebenso v.SCHUMACHER (1911) bzw. für Feuchtigkeitsregulatoren in der Nachbarschaft der arteriovenösen Anastomosen (v.SCHUMACHER, 1908). SCHADE (1923) erklärt ihre Ähnlichkeit mit einem Osmometer und hält sie daher für "Schwellsinnesorgane", die osmosensibel und osmoregulatorisch wirken. Auch CLARA (1927) weist auf ihr Vorkommen in der engsten Nachbarschaft der arteriovenösen Anastomosen hin und nimmt eine osmosensible und osmoregulatorische Funk-

tion an, vielleicht auch Registrierungen der Änderung der Isoionie. KIEL (1933) deutet die Ergebnisse seiner Versuche in Steuerung des osmotischen und onkotischen Drucks, gleichwie LOESCHKE (1936) annimmt, daß sie ein von statischen und osmotischen Druckdifferenzen weitgehend unbeeinflußbares, einigermaßen gleichbleibendes Milieu zu schaffen vermögen. CAUNA/MANNAN (1958) weisen auf die Beziehungen zwischen dem in den Körperchen herrschenden Druck und den arteriovenösen Anastomosen, die den Körperchen häufig vorgeschaltet sind hin. Sie meinen, es könnte ein Wechsel in der lokalen Blutversorgung gemeldet werden, wenn z.B. bei Öffnung der Anastomosen die Abflußvenen aus dem Körperchen blockiert sind und damit der Druck im Innenkolben ansteigt. GAMMON und BRONK (1934) zeigten mit Hilfe von Durchströmungsexperimenten, daß Impulshäufigkeit und Zahl der aktiven Endorgane zunahm mit Steigerung des Durchströmungsdrucks und daß die Körperchen wahrscheinlich gereizt werden durch die Bewegungen der anliegenden Gefäße. Daraus folgerten sie, die Endorgane könnten möglicherweise das cardiovascular system beeinflussen.

Eine zweite Gruppe von Forschern sieht in den VATER-PACINischen Körperchen Rezeptoren für mechanische Reize. Schon KRAUSE (1863) beschrieb die Umsetzung von mechanischem in hydrostatischen Druck im Körperchen, was zu einer Erregung der eintretenden sensiblen Nervenfasern führt. RAUBER (1865, 1867) betonte besonders noch den Tiefendruck, er hielt die Körperchen

für sensible Organe der Muskeln und dachte an eine Verantwortung für die Koordination der Körperbewegungen. Ebenso will sie ROLSHOVEN (1938) für die Steuerungen und Koordination der Leistungen des Bewegungsapparates verstanden wissen, für die VATER-PACINischen Körperchen im Mesenterium im erweiterten Sinne Reizaufnahme bei Zugspannungen infolge Lageveränderung der Eingeweide beim Nachlassen der Bauchdeckenspannung. KRÜGER (1961) nannte sie sehr empfindliche Druckrezeptoren, die auch Zugbeanspruchungen aufnehmen können. ADRIAN und UMRATH (1929), die moderne elektrische Apparate benutzten, um kleine Ströme zu messen, konnten zeigen, daß die Körperchen auf Druck und nicht auf Hitze oder Kälte antworteten. Im Gegensatz zu ihnen schloß RAMSTRÖM (1908) aus Testen am Patienten, die in Lokalanästhesie laparotomiert wurden, daß die Körperchen weder auf Druck noch auf Temperatur reagieren. GRAY und MATTHEWS (1951) wiederholten die Versuche von ADRIAN und UMRATH. Sie fanden Unterschiede in der Anpassung und Dauer der Entladungen und glaubten daher, daß sie nicht zur Bezeichnung gleichbleibenden Drucks benötigt werden, sondern wegen der Empfindlichkeit imstande sind, kleine und schnelle Bewegungen zu registrieren z.B. Vibration. Desgleichen äußern sich QUILLIAM und ARMSTRONG (1963). Leider weiß man noch wenig über den eigentlichen Übermittlungsmechanismus, der von der Deformierung eines Körperchens zum Nervenimpuls führt (PEASE und QUILLIAM, 1957;

QUILLIAM und ARMSTRONG, 1963).

Letztlich ist zu sagen, daß man ihre eigentliche Funktion bis heute noch nicht genau kennt.

Während die makroskopisch wahrnehmbaren VATER-PACINischen Körperchen günstig zu verschiedenen Versuchsbedingungen herangezogen werden können, mußte man sich bei den mikroskopisch feinen Nervenendkörperchen auf andere Anhaltspunkte stützen. Es wurde bereits eingangs geschildert, daß seit Veröffentlichung von v. FREYs Theorie über die spezifische Hautsensibilität bestimmte Nervenendigungen ganz bestimmten Funktionen zugeordnet wurden. Ähnlich wie für die schon erwähnten intraepithelialen Nervenfasern als Schmerzempfänger hat man auch versucht, für die übrigen Empfindungsqualitäten spezifische Reizaufnahmeapparate zu beweisen. Bei manchen Nervenendkörperchen schien allein das Vorkommen in bestimmten Körpergegenden für eine bestimmte Funktion zu sprechen, so z.B. bei den MEISSNERschen Körperchen in den Tastballen der Finger und Zehen, oder bei den Genitalnervenkörperchen. Dabei muß man zu den letzteren sagen, daß KRAUSEs Meinung, sie vermitteln Wollustempfindungen, von v. FREY nicht geteilt wurde, er meinte, die oberflächlich liegenden Endungen werden dafür nicht beansprucht. Er sah die Genitalnervenkörperchen für modifizierte Endkolben an. Auch KRAUSE war schon die Ähnlichkeit zwischen Genitalnervenkörperchen und Endkolben aufgefallen, ebenso DOUGLIS sowie KEY und RETZIUS (1876). CLARA bemerkt: 'Die Genitalnervenkörperchen sind

sicher nicht spezifisch für Wollustempfindungen, da diese durch Überlagerung und Summierung von in verschiedenen Endausbreitungen ausgelösten Erregungen zustandekommen'.

Die MEISSNERSchen Körperchen entsprechen in Zahl und Verteilung den Druckpunkten der Haut und wurden als Druck- und Tastrezeptoren angesprochen (CLARA, HENSEL). QUILLIAM und ARMSTRONG (1963) glauben, daß dies geschieht durch Registrierung der Verschiebungen in den Hautleisten. Nach Gefühlstesten hat man der Häufigkeit entsprechend für Kaltreizaufnahme die KRAUSEschen Endkolben und GOLGI-MAZZONIschen Körperchen, für die Wärme die RUFFINIschen Körperchen angenommen. Solche Temperaturteste, kombinierte physiologisch-histologische Untersuchungen, wurden vielfach wiederholt und ganz verschiedene Ergebnisse gefunden. HÄGGQUIST (1914) wendet sich gegen v.FREYS Schluß, daß die Endkolben KRAUSEs die kaltempfindlichen Organe der Haut sein sollen. In seinen Hautzylindern, die er unter genau lokalisierten kaltpunkten ausgestanzt hatte, fand er trotz sorgfältigen Durchmusterens keinen Nervenendkörper und zieht daraus den Schluß, daß 'welches die peripherischen Organe der beiden Temperatursinne auch sein mögen, so sind sie doch nicht Nervenendkörper, weder von KRAUSEs noch von RUFFINIs Typus'. DALLENBACH (1927) kommt zum gleichen Ergebnis, auch er konnte nur zahlreiche Nerven und undifferenzierte Endungen erkennen, aber kein einziges spezialisiertes Endorgan. Er wies vor allen Dingen darauf hin, daß

v. FREYs Theorie nur ein logischer Schluß sei und er keine direkten experimentellen Beweise für seine Korrelationen anführen könne. PENDLETON (1928) fand weder in den Biopsien des behaarten noch des haarlosen Bereiches GOLGI-MAZZONISCHE Körperchen oder KRAUSEsche Endkolben. Er nimmt als wahrscheinlich an, daß die Kaltorgane in den 'hederiformen Endverzweigungen' RANVIERS (1880) zu suchen seien, welche die gleichen sein dürften wie die von MERKEL beschriebenen Tastzellen. BELONOSCHIN (1933) konnte die v.FREYsche Auffassung der Kaltrezeptoren stützen, er sah viele fließende Übergänge von Nervenendkörperchen bis zu Nervengeflechten, besonders gehäuft aber solche Gebilde, die den KRAUSEschen Endkolben ähnlich sehen. Desgleichen fand STRUGHOLD (1925), KRAUSEsche Endkolben seien spezifische Endorgane des Kältesinns.

Nach Versuchen an der menschlichen Ohrmuschel im Vergleich zu Empfindlichkeitstesten der Haut des Ringfingers und Vorderarms durch WEDDELL, SINCLAIR und ZANDER (1952) konnte der Schluß gezogen werden, daß Berührungs-, Schmerz-, Warm- und Kaltempfindung in der Ohrmuschel adäquat vorhanden sind, sogar Berührung empfindlicher als in den beiden Vergleichsarealen. Als Nervenapparate wurden gefunden: komplexe Netzegebilde um die zahlreichen Haarwurzeln und ein weiter gespanntes Netzwerk von feinen undifferenzierten Nervenendigungen, dagegen keinerlei Endkörperchen, während man mit der gleichen Methode in der Haut der Fingerspitze zahlreiche gut wahrnehmbare gegliederte

Nervenendigungen mit und ohne Kapsel fand. Daraus folgerten die Forscher, daß Nervenendkörperchen nicht unbedingt erforderlich sind, um Berührung, Schmerz, Wärme oder Kälte zu perzipieren. Eine ähnliche Region fand HARPMAN (1951) in der Gegend der unteren Nasenmuschel. Bei seinen Gefühlstesten mit Warm- und Kaltapplikation bemerkten mehrere Subjekte in beinahe krankhaft gesteigerter Weise Schmerz, Kälte, Wärme und Berührung, es wurden jedoch keinerlei Körperchen, sondern nur freie Nervenendigungen entdeckt. Dagegen fand der Verfasser KRAUSEsche Endkolben in der Conjunctiva. Dort konnte er auch mit kühlen Proben Schmerzempfindung bei 2 Versuchspersonen auslösen. Seiner Meinung nach sind sensorische Nervenendungen durch eine besondere Morphologie zur Übermittlung einer bestimmten Gefühlsmodalität befähigt, er schränkt es jedoch dahingehend ein, daß diese Adaptation nicht absolut für jeden Fall zutreffen muß, sondern auch andere Gefühle hervorgerufen und übermittelt werden können, wenn gleich weniger wirksam.

HAGEN, KNOCHE, SINCLAIR und WEDDELL (1953) konnten bei Temperaturprüfungen an äußerer Lippenhaut, Lippen Schleimhaut und Haut der Fingerbeere keinen Gefühlsunterschied finden, weder bei Wärme noch bei Kälte. Die Korrelation von den Gefühlstesten und der histologischen Prüfung konnte den Glauben an eine Spezifität in der Morphologie der Nervenenden nicht stützen. KRAUSEs Endkolben z.B. wurden nicht in der Fingerbeere gefunden, dafür MEISSNERsche Körperchen. In der Finger-

beere aber wird kalt empfunden. Eine morphologisch klare Trennungslinie zwischen beiden Endkörperchen gibt es nicht. Daher scheint es, daß die Unterscheidung auf Grund der verschiedenen Verteilung vorgenommen worden ist. Die Verfasser machen mit Recht darauf aufmerksam, daß man als Beweis für die Spezifität eines Endorgans nachweisen muß, daß da, wo eine bestimmte Modalität gegenwärtig ist, auch das betreffende Endorgan zu finden sein muß, und wo die Modalität nicht ausgelöst werden kann, muß das Endorgan unter allen Umständen fehlen. Umgekehrt muß genau so verlangt werden, daß bei Lokalisation des betreffenden Endorgans die dafür vermeintliche Modalität an dieser Stelle ausgelöst werden kann, jedoch mit keinem Mittel und zu keiner Zeit, wenn das anatomische Substrat dort fehlt. Diesen Beweis konnten die Forscher in ihrer Arbeit nicht bringen, daher mußten sie sagen, daß sie jede Theorie einer Hautsensibilität, die auf einer Verbindung von Funktion und morphologischer Spezifität basiert, ablehnen. Daraus folgt nicht, daß funktionell spezifische Endungen nicht existieren, aber ihre Unterschiede könnten so subtil sein, daß sie mit den gegenwärtigen Forschungsmethoden noch nicht entdeckt worden sind. Eine andere Erklärung gäbe es in der Form, daß ein und derselbe Endungstyp verschiedene Gefühlsformen vermitteln kann entsprechend den physiologischen Bedingungen, denen er ausgesetzt ist (SINCLAIR, 1955). Im ganz extremen Sinne würde es bedeuten, daß überhaupt keine spezifischen Fasern und Endungen vonnöten sind, sondern nur eine

Änderung des Impulsflusses, der das Gehirn erreicht, sowohl zeitlich als auch örtlich, und diese Impulse dann im Gehirn ein charakteristisches Muster neu prägen bzw. wieder erwecken. Diese 'Pattern-Theorie' steht im Gegensatz zu v.FREYS Theorie der spezifischen Reizbarkeit.

In der letzten Zeit sind in zunehmendem Maße auch elektrophysiologische Methoden in die Sinnesphysiologie eingeführt worden (ADRIAN und UMRATH, 1929; ZOTTERMAN, 1936). Das Hauptaugenmerk ist dabei gerichtet auf die Impulsleitung in der Nervenfaser selbst. Mittels sehr feiner Elektroden werden Aktionspotentiale abgeleitet. Die Schwierigkeit in der Beurteilung der Ergebnisse liegt offenbar darin, daß bei elektrophysiologischen Sinnesarbeiten meistens der histologische Beweis fehlt, daß die 'spike-potentials' auch wirklich nur von einer Faser abstammen und nicht mehrere synchron Impulse abfeuern (SINCLAIR, 1955). Diesem Nachteil begegnet man, indem man eine sehr große Anzahl von Messungen vornimmt und die Mittelwerte errechnet. Außerdem erlaubt diese Methode keine Aussagen über phänomenale Wahrnehmungsqualitäten, sondern nur Analogieschlüsse (HENSEL, 1961). HENSEL, STRÖM und ZOTTERMAN (1951), ZOTTERMAN (1955) haben auf diese Weise versucht, an der Katzenszunge die Tiefe der Thermorezeptoren zu bestimmen. Sie errechnet sich aus der Schwelle, dem Temperaturwechsel der Thermode, der Latenz der Kaltausschläge und aus dem thermalen Diffusionskoeffizienten der Zunge. Ihre

damit erzielten Mittelwerte von 0,18 mm würden eine gute Übereinstimmung mit der histologischen Forschung bedeuten: An der Basis des Epithels und im Bindegewebe der Zungenpapillen wurden zahlreiche Nervenendigungen gefunden, besonders entspricht diese Tiefe der Ausdehnung eines oberflächlichen und tiefen Nervennetzes (KANTNER, 1957). Es spricht manches dafür, z.B. das Überwiegen der Kälteempfindung auf der Zunge und der Uvula, die überhaupt kein tiefes Netz besitzt, das oberflächliche Nervenetz der Kälteleitung, das tiefe der Wärmeleitung zuzuordnen. LELE, WEDDELL und WILLIAMS (1954) erklären die Funde ZOTTERMANs ebenso. Schwierigkeit bei der Frage spezifischer Thermorezeptoren bilden die paradoxen Erregungen. Bei Kaltrezeptoren tritt dieses Phänomen erst bei unphysiologisch hohen Erwärmungen auf, zwischen 45 und 50° C, die Warmrezeptoren können bei schneller Abkühlung von 39 auf 30° C mit phasischen Entladungen reagieren, dies liegt im physiologisch normalen Temperaturbereich (ZOTTERMAN, 1955). In der Haut der Katze wurden typische Kaltfasern gefunden, die auch auf Berührung des Rezeptorenfeldes erregbar sind. Es gibt andere Fasern, die thermisch wie Kältefasern erregbar sind, wenn gleichzeitig ein äußerer mechanischer Druck einwirkt. Es ist möglich, daß die Unterschiede cutaner Empfindungsqualitäten die gleichzeitige Tätigkeit verschiedener teilspezifischer Rezeptoren zur Voraussetzung hat (HENSEL, 1961, 1964). Spezifität ist eine

Eigenschaft des Faserendes, obwohl das Axon inäquäat auch an anderen Stellen erregbar ist. LELE, WEDDELL und WILLIAMS (1954) vergleichen die Haut mit einem thermophilen Typ eines Bolometers. Ihre Versuchsergebnisse ließen sie vermuten, daß die freien Nervenendungen in der Haut befähigt sind, eine ganze Skala von Gefühlen zu übermitteln, wenn sie in dazu passender Weise erregt werden, z.B. Kälte, Berührung, Wärme, Kitzel, Jucken und stechender Schmerz. Von einem nichtspezifischen Gesichtspunkt aus könnte man diese Befunde besser erklären (SINCLAIR, 1955).

Nach den zuletzt genannten Ausführungen dürfte es als sicher gelten, daß man v. FREYs Theorie, die Auffassung von spezifischen Rezeptoren für die Sinneswahrnehmung in der Haut, verlassen muß.

Von den Morphologen wurde der Beweis erbracht, daß der größte Teil der früher beschriebenen und als Rezeptoren betrachteten anatomischen Gebilde auf wenige klar definierte Formen beschränkt werden kann (KANTNER). Diese Körperchen werden nicht als spezifische Rezeptoren für bestimmte Sinnesqualitäten angesehen, sondern als Regulatoren der Erregung auf ihrem Wege zum ZNS (HOEPKE, 1958). Denn es gilt als erwiesen, daß die verschiedenen Empfindungen nicht an spezielle Endkörperchen gebunden sind, da wir auch dort alle Sinnesmodalitäten auslösen können, wo es überhaupt keine gegliederten Nervenendungen gibt (WEDDELL, SINCLAIR, ZANDER). Den Sinnesphysiologen ist es noch nie gelun-

gen, eine Zusammengehörigkeit von Sinnespunkt und Endkörperchen eindeutig nachzuweisen, so sehr man sich auch durch Untersuchungen kleiner menschlicher Hautstückchen darum bemüht hat (GÖPFERT). Man muß dabei berücksichtigen, daß es biophysikalisch äußerst schwierig ist, kleinflächige Reizgrößen zu behandeln. Die genaue Definition eines Sinnespunktes ist nicht möglich; es könnte sich um einen Einzelrezeptor, aber auch um ein feines Netzwerk verschiedenartiger Nervenendungen handeln, oder man trifft einen sensiblen Punkt in anaesthetischer Umgebung oder ein Maximum in einem sensiblen Kontinuum an (HENSEL). Nach WEDDELL (1945) entspricht einem Perzeptionspunkt nicht immer nur ein Rezeptor, sondern häufig eine Gruppe. KANTNER versucht, eine bessere Deutung der Reizaufnahme zu gewinnen, wenn er den herkömmlichen spezifischen Rezeptoren als 'sensu stricto' eine Form 'sensu lato' gegenüberstellt. Es heißt bei ihm: "Es wäre unseres Erachtens irrig, nur den zentralen Anschluß einer Nervenfaser für die Zuordnung einer Empfindungsart verantwortlich zu machen. Ebenso wie die Verlagerung der ganzen "Spezifität" in die Peripherie abzulehnen ist. Doch darf mit gutem Recht gefolgert werden, daß die topographisch unterschiedliche Bauweise nervöser und nicht-nervöser Anteile einzelner Körperregionen den dort aufzunehmenden Reizen angepaßt ist. So möchten wir die Bedeutung der Form 'sensu lato' verstanden wissen"(KANTNER, 1963). Damit wendet sich der Autor gleichzeitig gegen ein "Pattern" völlig unspezifischer Nervenendungen wie

es SINCLAIR postuliert. Es wäre ein Extrem der Form sensu lato, wenn man nur der Oberflächenvergrößerung nervöser Substanz eine Bedeutung beimessen wollte, so wie es STÖHR einmal definiert hat. CLARA sieht in der Oberflächenvergrößerung ein kennzeichnendes Merkmal, aber er schränkt die Bedeutung der Form ein. Seiner Meinung nach ist es vielmehr das Zentralorgan, welches den Charakter der Empfindungsqualität bestimmt.

Wenn man bisher eine Übersicht über die reizaufnehmenden Apparate der Haut nach morphologischen Gesichtspunkten vorgenommen hat, wird man nun, da das Problem mehr auf die funktionelle Seite verschoben wurde, eine andere Einteilung treffen müssen. Die Zukunft wird erst noch lehren, welche Merkmale der peripheren Nerven geeignet sind, den Schlüssel für eine solche funktionelle Einteilung zu liefern.

L i t e r a t u r

- ADRIAN, E.D. and UMRATH, K.: The impulse discharge from the Pacinian corpuscle. J.Physiol. 68: 139-154 (1929).
- AKKERINGA, L.J.: Die Lage der Neurofibrillen am peripheren Ende der Nervenbahn. Z.mikr.-anat.Forsch. 19: 183-270 (1930).
- ARNSTEIN, C.: Die Nerven der behaarten Haut. S.B.Akad. Wiss.Wien, Math.-Nat.Kl., 203-230 (1876); zit:n. WEDDELL, PALMER, PALLIE.
- BELONOSCHIN, B.: Über die Kaltrezeptoren der Haut. Z.Biol. 23: 487-489 (1933).
- BOEKE, J.: Die intracelluläre Lage der Nervenendigungen im Epithelgewebe und ihre Beziehungen zum Zellkern. Z.mikr.-anat.Forsch. 2: 391-428 (1925).
- BOEKE, J.: Die Beziehungen der Nervenfasern zu den Bindegewebelementen und Tastzellen. Z.mikr.-anat.Forsch. 4: 498-509 (1926).
- BOTEZAT, E.: Die Nerven der Epidermis. Anat.Anz. 33: 45-75 (1908).
- BOTEZAT, E.: Die Apparate des Gefühlssinns der nackten und behaarten Säugetierhaut, mit Berücksichtigung des Menschen. Anat.Anz. 42: 153-250; 273-318 (1912).
- CAUNA, N. and MANNAN, G.: The structure of human digital Pacinian corpuscles (corpuscula lamellosa) and its functional significance. J.Anat.92: 1-20 (1958).
- CECCHERELLI, G.: Contributo alla conoscenza delle espansioni nervose di senso nella mucosa del cavo orale e della lingua dell'uomo. Int.Mschr. Anat.Physiol. 25: 273-350 (1908).
- CLARA, M.: Die arterio-venösen Anastomosen der Vögel und Säugetiere. Erg.Anat. 27: 293 (1927).
- CLARA, M.: Das Nervensystem des Menschen. 3.Auflage. (Joh.Ambrosius Barth, Leipzig 1959).

- DALLENBACH, K.M.: The temperature spots and end-organs. *Amer.J.Psychol.* 39: 402-427 (1927).
- DOGIEL, A.S.: Die Nervenendigungen in der Haut der äußeren Genitalorgane des Menschen. *Arch.mikr. Anat.* 41: 585 (1893).
- DOGIEL, A.S.: Über die Nervenendapparate in der Haut des Menschen. *Z.wiss.Zool.* 75: 46-111 (1903).
- DOGIEL, A.S.: Der fibrilläre Bau der Nervenendapparate in der Haut des Menschen und der Säugetiere und die Neuronentheorie. *Anat.Anz.* 27: 97-118 (1905).
- DONALDSON, H.H.: On the temperature sense. *Mind* 10: 408 f. (1885).
- EBBECKE, U.: Über die Temperaturempfindungen in ihrer Abhängigkeit von der Hautdurchblutung und von den Reflexzentren. *Pflüg.Arch.ges.Physiol.* 169: 395-462 (1917).
- FREY, M.von : Beiträge zur Sinnesphysiologie der Haut. *Ber.d.math.-physik.Klasse d. Kgl.Sächs.Ges.Wiss. Leipzig* 47: 166-184 (1895).
- GAMMON, G.D. and BRONK, D.W.: Pacinian corpuscles in the mesentery and their relation to the vascular system. *Proc.Soc.Exp.Biol.andMed.* 31: 788-789 (1934).
- GEGENBAUR, C.: Untersuchungen über die Tasthaare einiger Säugethiere. *Z.wiss.Zool.* 3: 13-26 (1851).
- GÖPFERT, H.: Allgemeine Physiologie der Haut; in GOTTRON-SCHÖNFELD: *Dermatologie und Venerologie I/Teil 1* (Georg Thieme, Stuttgart 1961).
- GRAY, J.A.B. and MATTHEWS, P.B.C.: Response of Pacinian corpuscles in the cat's toe. *J.Physiol.* 113: 475-482 (1951).
- HÄGGQUIST, G.: Histophysiologische Studien über die Temperatursinne der Haut des Menschen. *Anat.Anz.* 45: 46-63 (1914).
- HAGEN, E.; KNOCH, H.; SINCLAIR, D.C. and WEDDELL, G.: The role of specialized nerve terminals in cutaneous sensibility. *Proc.Roy.Soc.B.* 141: 279-287 (1953).

- HARDY, J.D. and OPPEL, T.W.: Studies in temperature sensation. *J.clin.Invest.* 16: 533-540 (1937).
- HARPMAN, J.A.: Specificity of sensory nerve endings. *Brit.med.J.* 2: 497-498 (1951).
- HENLE, J. und KÖLLIKER, A.: Über die Pacinischen Körperchen an den Nerven des Menschen und der Säugetiere. (Mayer und Zeller, Zürich 1844).
- HENSEL, H.: Spezifische und unspezifische Rezeptorfunktion peripherer Nervenendigungen. *Pflüg. Arch.ges.Physiol.* 273: 543-561 (1961).
- HENSEL, H.: Spezifische und unspezifische Hautrezeptoren. *Erg.H.Anat.Anz.* 113: 140 (1964).
- HENSEL, H.; STRÖM, L. and ZOTTERMAN, Y.: Electrophysiological measurements of depth of thermoreceptors. *J.neurophysiol.* 14: 423-429 (1951).
- HERBST, G.: Die Pacinischen Körper und ihre Bedeutung (Vandenhoeck und Ruprecht, Göttingen 1848).
- HÖPKE, H.: Neue Befunde über die sensible Innervation der Haut. *Acta neuroveget.*, Wien, 18: 49-59 (1958).
- JOHN, F.: Zur vegetativen Nervenversorgung der menschlichen Haare und Haarmuskeln. *Arch.Dermat.* 183: 1-14 (1942).
- KADANOFF, D.: Eine besondere Nervenendigung in der Haut des Menschen. *Z.Anat.Entw.* 72: 542-543 (1924).
- KADANOFF, D.: Beitrag zur Kenntnis der Nervenendigungen im Epithel der Säugetiere. *Z.Anat.Entw.* 73: 431 f. (1924).
- KADANOFF, D.: Über die Nerven in der äußeren Wurzelscheide der Haare des Menschen. *Z.Zellforsch.* 6: 631-633 (1928).
- Kadanoff, D.: Die Innervation der Haare des Menschen. *Acta neuroveget.*, Wien, 18: 159-169 (1958).
- KANTNER, M.: Neue morphologische Ergebnisse über die peripherischen Nervenausbreitungen und ihre Deutung. *Acta anat.* 31: 397-425 (1957).
- KANTNER, M.: Das Nervensystem der Haut; in GOTTRON-SCHÖNFELD: *Dermatologie und Venerologie I/ Teil 1* (Georg Thieme, Stuttgart 1961).

- KANTNER, M.: Beitrag zur Innervation wärmeempfindlicher Körperzonen des Menschen. *Erg.H.Anat.Anz.* 115: 335-343 (1965).
- KANTNER, M. und G.; ZIERZ, P. und TRITSCH, H.: Zur Morphologie der peripheren Nerven bei juckenden Hautkrankheiten. *Acta neuroveget.* 24: 421-437 (1963).
- KEY und RETZIUS, J.: Studien in der Anatomie des Nervensystems und des Bindegewebes Bd. II: 220 f. (Stockholm 1876).
- KIEL, R.: Ein Beitrag zur Funktion der Lamellenkörperchen. *Z.exper.M.* 89: 1-16 (1933).
- KINDLER zit. n. KANTNER (1961).
- KÖLLIKER, A.: Handbuch der Gewebelehre des Menschen (W.Engelmann, Leipzig 1852).
- KRAUSE, W.: Über die Fuction der Vaterschen Körperchen. *Zschr.f.rat.Med.* 17: 273-317 (1863).
- KRAUSE, W.: Über Nervenendigungen. *Zschr.f.rat.Med.* 5: (1859).
- KRAUSE, W.: Die terminalen Körperchen der einfach sensiblen Nerven (Hahn, Hannover 1860).
- KRÜGER, H.: Über die Vater-Pacinischen Körperchen der Baueingeweide der Katze. *Anat.Anz.* 109: 311-333 (1961).
- LACAUCHIE, M.: Comptes rendus de l'Academie des Sciences. Paris 1843. zit. n. MICHAILOW, S. (1909).
- LANGERHANS, P.: Über die Frage der menschlichen Haut. *Virchows Arch.* 44: 325-337 (1868).
- LANGERHANS, P.: Über Tastkörperchen und rete Malpighii. *Arch.mikr.Anat.* 2: 730-744 (1873).
- LEFÉBURE, M.: Innervation des poils chez l'homme. *Bibliogr.anat.* 18 (1908); zit. n. KADANOFF (1958).
- LELE, P.P.; WEDDELL, G. and WILLIAMS, C.M.: The relationship between heat transfer, skin temperature and cutaneous sensibility. *J.Physiol.* 126: 206-234 (1954).
- LOESCHKE, H.H.: Gefäßapparat und Lymphbahnen der Vater-Pacinischen Körperchen des Menschen. *Z.mikr.-anat. Forsch.* 39: 315-330 (1936).

- MERKEL, F.: Über die Endigungen der sensiblen Nerven in der Haut der Wirbeltiere (Stillersche Buchhandlung Hermann Schmidt, Rostock 1880).
- MICHAILOW, S.: Die Struktur der typischen Vater-Pacinischen Körperchen und ihre physiologische Bedeutung. *Fol.neurobiol.* 2: 603-624 (1909).
- PACINI, F.: Nuovo organi scoperti nel corpo umano. (Ciro, Pistoja 1840).
- PEASE, D.C. and QUILLIAM, T.A.: Electron microscopy of the Pacinian corpuscle. *J.biophys.bbchem.Cytol.* 2: 331-342 (1957).
- PENDLETON, C.R.: The cold receptor. *Amer.J.Psychol.* 40: 353-371 (1928).
- QUILLIAM, T.A. and ARMSTRONG, J.: Mechanorezeptoren. *Endeavour* 22: Nr. 86 Mai(1963).
- RAMSTRÖM, M.: Anatomische und experimentelle Untersuchungen über die lamellosen Nervenendkörperchen im Peritoneum parietale des Menschen. *Anat.Hefte* 36: 309-368 (1908).
- RANVIER, L.: Nouvelles recherches sur les organes du tact. *C.R.Acad.Sci.,Paris*, 91: 1087-1089 (1880).
- RAUBER, A.: Untersuchungen über das Vorkommen und die Bedeutung der Vaterschen Körper. (Caesar Fritsch, München 1867).
- RETZIUS, G.: Zur Frage von der Endigungsweise der peripherischen sensiblen Nerven. *Biol.Unters.von Dr.G. Retzius, Neue Folge VIII*: 114-117 (1898).
- ROLSHOVEN, E.: Morphologische und experimentelle Untersuchungen über die Bedeutung der Vater-Pacinischen Körperchen. *Morph.Jb.* 81: 601-652 (1938).
- RUFFINI, A.: Sulla presenza di nuove forme di terminazioni nervose nello strato papillare e subpapillare della cute dell'uomo, con un contributo allo studio della struttura dei corpuscoli dei Meissner. (S.Bernardino, Siena 1898).
- RUFFINI, A.: Les dispositifs de la sensibilité cutanée: sur les expansions nerveuses de la peau chez l'Homme et quelques autres Mammifères. *Rev.gen.Hist.* 1: 421-510 (1905).

- SCHADE, H.: Die physikalische Chemie in der Inneren Medizin; 3. Aufl. (Steinkopff, Dresden/Leipzig 1923).
- SCHUMACHER, S. von : Über das Glomus coccygeum des Menschen und die Glomeruli caudales der Säugtiere. Arch.mikr.Anat. 71: 58-115 (1908).
- SCHUMACHER, S. von : Beiträge zur Kenntnis des Baus und der Funktion der Lamellenkörperchen. Arch. mikr.Anat. 77: 157.193 (1911).
- SCHWARZ, W.: Elektronenmikroskopische Untersuchungen am Außenkolben der Vater-Pacinischen Körperchen. Z.Zellforsch. 36: 436-447 (1951).
- SINCLAIR, D.C.: Cutaneous sensation and the doctrine of specific energy. Brain, 78: 584-614 (1955).
- STÖHR, Ph.: Lehrbuch der Histologie und der mikroskopischen Anatomie des Menschen (Gustav Fischer, Jena 1898).
- STÖHR, Ph. jr.: Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen; pp. 414-415 (Springer, Berlin 1928).
- STÖHR, Ph. jr.: Lehrbuch der Histologie und der mikroskopischen Anatomie des Menschen. (Springer, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1951).
- STÖHR, Ph. jr.: Zusammenfassende Ergebnisse über die normale und pathologische Histologie der sympathischen Ganglienzelle und der Endapparate im vegetativen Nervensystem. Ergeb.Anat.Entw. 33: 135-284 (1941).
- STRUGHOLD, H.: Die Schwellen des Kältesinns am Auge. Z.Biol. 83: 201-206 (1925).
- SCYMONOWICZ, L.: Über die Nervenendigungen in den Haaren des Menschen. Arch.mikr.Anat. 74: 622-634 (1909).
- TRETJAKOFF, D.: Zur Frage der Nerven der Haut. Z.wiss. Zool. 71: 625-643 (1902).
- VATER, A.: Dissertatio de Consensu partium corporis humani occasione spasmi singularis in manu eiusque digitis ex hernia observati, exposito simul nervorum brachialium et cruralium coalitu peculiari, atque papillarum nervearum in digitis dispositione, quam praeside D.Abrahamo Vaterno exponet Joannes

Lehmannus. Vittembergae 1741.

WAGNER, R. und MEISSNER, G.: Über das Vorhandensein
bisher unbekannter eigenthümlicher Tastkoerper-
chen (corpuscula tactus) in den Gefuehlswaerzchen
der menschlichen Haut, und ueber die Endaus-
breitung sensitiver Nerven. Nachr.Ges.Wiss.
Göttingen, no. 2: pp. 17-32 (1852).

WEDDELL, G.: The anatomy of cutaneous sensibility.
Brit. med.Bull. 3: 167-172 (1945).

WEDDELL, G.: Recent Advances in the Anatomy of Cuta-
neous Sensibility. Erg.H.Anat.Anz. 100: 164
(1953/54).

WEDDELL, G.; PALLIE, W. and PALMER, E.: The morphology
of peripheral nerve terminations in the skin.
Quart.J.Micr.Sci. 95: 389-397 (1954).

WEDDELL, G.; PALMER, E. and PALLIE, W.: Nerve endings
in mammalian skin. Biol.Rev. 30: 159-192 (1955).

WEDDELL, G.; SINCLAIR, D.C. and FEINDEL, W.H.: An anat-
omical basis for alterations in quality of pain
sensibility. J.neurophysiol. 11: 99-109 (1948).

WEDDELL, G.; SINCLAIR, D. and ZANDER, E.: Recent ad-
vances in the anatomy of cutaneous sensibility
J.Anat.Lond. 86: 402-411 (1952).

WEDDELL, G. and ZANDER, E.: A critical evaluation of
methods used to demonstrate tissue neural elements,
illustrated by reference to the Cornea. J.Anat.
Lond., 84: 168-195 (1950).

WOOLLARD, H.H.; WEDDELL, G. and HARPMAN, J.A.: Obser-
vations on the neurohistological basis of cutaneous
pain. J.Anat.Lond., 74: 413-440 (1940).

ZANDER, E. and WEDDELL, G.: Observations on the inner-
vation of the cornea. J. Anat. Lond., 85: 68-
98 (1951).

ZOTTERMAN, Y.: Die Funktion der Thermorezeptoren.
Acta neuroveget. 11: 130-141 (1955).

An dieser Stelle möchte ich Herrn Prof. Dr. W a t z k a
für die freundliche Überlassung des Themas und für die
Unterstützung bei dessen Bearbeitung bestens danken.

L e b e n s l a u f

Am 28.3.1930 wurde ich als Tochter des Ingenieurs Willy Richard K ä s t n e r und seiner Ehefrau Elsa Marie geb. Schultheiß in Oberlungwitz/Sachsen geboren. Nach 4 Grundschuljahren in Oberlungwitz besuchte ich bis Kriegsende die Oberschule für Mädchen in Chemnitz, anschließend in Glauchau, wo ich im Juli 1948 die Reifeprüfung bestand. In den folgenden Jahren ließ ich mich in der Krankenpflege ausbilden und arbeitete bei der Zehlendorfer Diakonie in Berlin. Von 1957 bis 1963 studierte ich Medizin in Mainz. Die Medizinalassistentenzeit leistete ich in Mainz und Berlin ab. Seit Oktober 1965 arbeite ich in der Anaesthesie-Abteilung bei der Chirurgischen Universitätsklinik in Erlangen, um mich für das Fach Anaesthesie zu spezialisieren.

